

Список использованных источников

1. Антонов Б. В. Состояние и проблемы действующих АЭС // Вестник концерна «Росэнергоатом». 2002. № 7.
2. Федорович Е. Д., Фокин Б. С., Аксельрод А. Ф. [и др.] Вибрации элементов оборудования ЯЭУ. М. : Энергоатомиздат, 1989. 168 с.
3. Гусев Б. Д., Калинин Р. И., Благовещенский А. Я. Гидродинамические аспекты надежности современных энергетических установок. Л. : Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1989. 216 с.
4. Гетман А. Ф. Концепция безопасности «течь перед разрушением» для сосудов и трубопроводов давления АЭС. М. : Энергоатомиздат, 1999. 258 с.
5. Гетман А. Ф. Ресурс эксплуатации сосудов и трубопроводов атомных электростанций. М. : Энергоатомиздат, 2000. 427 с.
6. Yang Liu , Shuichiro Miwa , Takashi Hibiki, Mamoru Ishii , Hideyuki Morita, Yoshiyuki Kondoh, Koichi Tanimoto. Experimental study of internal two-phase flow induced fluctuating force on a 90° elbow // Chemical Engineering Science. 2012. Vol. 76. P. 173–187.
7. Chen An, Jian Su. Dynamic behavior of pipes conveying gas–liquid two-phase flow // Nuclear Engineering and Design. 2015. Vol. 292. P. 204–212.
8. Shuichiro Miwa, Michitsugu Mori, Takashi Hibiki. Two-phase flow induced vibration in piping systems // Progress in Nuclear Energy. 2015. Vol. 78. P. 270-284.

УДК 620.39

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАССИВНЫХ УСТРОЙСТВ НА ВИБРАЦИЮ ТРУБОПРОВОДОВ С ДВУХФАЗНЫМ ПОТОКОМ

STUDY OF THE EFFECT OF PASSIVE DEVICES ON VIBRATION OF PIPELINES WITH TWO-PHASE FLOW

Хоссейн Исмаил^{1,2}, Чиканцев Г.², Догарев Р.², Велькин В. И.²

¹Даккский технический университет (Бангладеш)

²Уральский федеральный университет, Екатеринбург

Hossein Ismail^{1,2}, Chikancev G.², Dogarev R.², Velkin V. I. ²

¹Technical University of Dhaka (Bangladesh)

² Ural Federal University, Ekaterinburg

Аннотация: В статье рассмотрены различные типы пассивных устройств-завихрителей, предназначенных для снижения вибраций трубопроводов. Особенность завихрителей, рассмотренных в данной статье – наличие внутреннего направляющего (выступающего) элемента. При использовании

таких конструкций значительно (до 20 %), возрастает гидравлическое сопротивление двухфазному потоку, в результате чего возникает дополнительный механизм вибрации, увеличиваются затраты энергии на прокачку теплоносителя.

Abstract: the article considers various types of passive devices swirlers are designed to reduce noise and vibration of pipelines. The swirlers feature discussed in this article – the existence of an internal guide (speaker) of the item. When using these structures is significantly (20 %), increases the hydraulic resistance of two-phase flow, resulting in additional vibration mechanism, increasing the cost of energy for pumping the coolant.

Ключевые слова: вставка-завихритель; вибрации трубопроводов; двухфазный поток.

Keywords: insert-swirler; vibration of pipelines; two-phase flow.

Одной из причин снижения ресурса, преждевременного старения и выхода из строя трубопроводов на энергетических объектах являются их вибрации, имеющие достаточно сложный и случайный характер [1].

Для исследования влияния режимов двухфазного потока на вибрацию трубопровода был использован экспериментальный стенд, описанный в [2]. Первоначально, с помощью виброметра СД-12М, были определены значения виброускорений, виброскорости и виброперемещения для характерных участков трубопровода при различных режимах течения в диапазоне чисел Рейнольдса $2000 < Re < 4000$. Полученные значения для гладкой внутренней поверхности трубопровода были определены как «паспортные».

Задачей первого этапа экспериментов являлось исследование различных конструкций вставок-завихрителей (рис. 1), предназначенных для пассивного управления (снижения) вибрациями и определение статистических характеристик вибраций трубопровода, возникающих при различных режимах течения двухфазного потока с использованием вставок.



Рис. 1. Фото исследуемых вставок-завихрителей различных типов

Схемы внутренней геометрии вставок-завихрителей представлены на рис. 2.

В работе [3] подробно описывается механизм возникновения напряжений в поворотном участке трубопровода с двухфазным течением, но возможности пассивного управления снижением гидродинамических нагрузок не показаны.

В ходе обработки экспериментальных данных установлено, что максимальный диссипативный эффект, влияющий на снижение кинетической энергии двухфазного потока со снарядным режимом течения при входе в поворотный участок трубопровода, обеспечивался завихрителями шнекового типа. Однако, при использовании этих конструкций завихрителей значительно – до 20 %, возрастает гидравлическое сопротивление двухфазному потоку, в результате чего формируется дополнительный механизм, определяющий не снижение, а, как минимум, поддержание или усиление вибрации в поворотных участках трубопровода. Указанные эффекты описаны и в работах [4, 5].

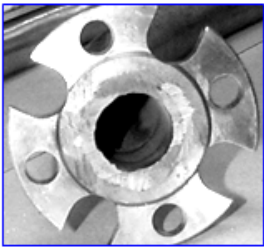
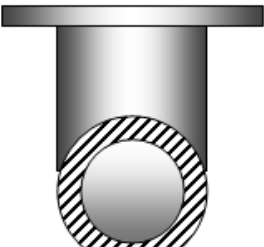
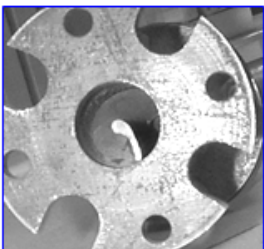
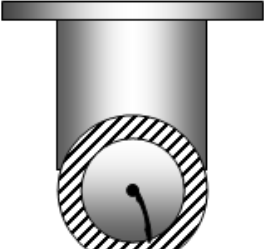

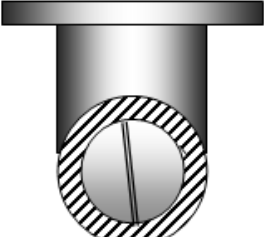
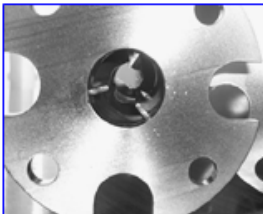
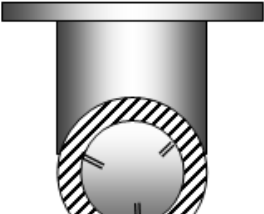
Фото	Характеристика	Разрез входного участка
	Входной поворотный участок трубопровода с гладкой поверхностью	
	Входной поворотный участок трубопровода с <u>завихрителем</u> шнекового типа	
	Входной поворотный участок трубопровода с <u>завихрителем</u> поперечно-пластинчатого типа	
	Входной поворотный участок трубопровода с <u>завихрителем</u> 3-х ленточного типа	

Рис. 2. Основные конструкции и схемы вставок-завихрителей

Таким образом, вставки с завихряющими устройствами, имеющими геометрически резкие выступающие элементы, препятствующие движущемуся потоку с двухфазной (пароводяной) структурой, увеличивают гидравлическое сопротивление и не способствуют снижению вибраций трубопровода. В связи изложенным, понадобилась дальнейшая разработка пассивных завихряющих устройств, имеющих геометрию, не влияющую на гидравлическое сопротивление или снижающую его.

Список использованных источников

1. Федорович Е. Д., Фокин Б. С., Аксельрод А. Ф. [и др.] Вибрации элементов оборудования ЯЭУ. М. : Энергоатомиздат, 1989. 168 с.
2. Велькин В. И., Щеклеин С. Е., Петров А. С., Немихин И. Ю. Стенд для исследований вибраций трубопроводов с двухфазным потоком // Энергосбережение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Сб. тезисов докладов науч.-практ. конф. Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2002.
3. Zhang T., Zhang Y. O., Ouyang H. Structural vibration and fluid-borne noise induced by turbulent flow through a 90° piping elbow with/without a guide vane // International Journal of Pressure Vessels and Piping. 2015. Vol. 125. P. 66–77.
4. Yang Liu, Shuichiro Miwa, Takashi Hibiki, Mamoru Ishii, Hideyuki Morita, Yoshiyuki Kondoh, Koichi Tanimoto. Experimental study of internal two-phase flow induced fluctuating force on a 90° elbow // Chemical Engineering Science. 2012. Vol. 76. P. 173–187.
5. Chen An, Jian Su. Dynamic behavior of pipes conveying gas–liquid two-phase flow // Nuclear Engineering and Design. 2015. Vol. 292. P. 204–212.

УДК 544.6.018.462.2

ПОИСК НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

THE SEARCH FOR NEW MATERIALS FOR SOLID OXIDE FUEL CELLS

Храмцов Я. В., Толкачева А. С.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, mail-content@mail.ru

Khramtsov Y. V., Tolkacheva A. S.
Ural Federal University, Ekaterinburg

Аннотация: В работе представлен анализ мирового потребления источников энергии. Проанализированы перспективы развития